

Ökoeffizient, smart und mit reduziertem Schallpegel

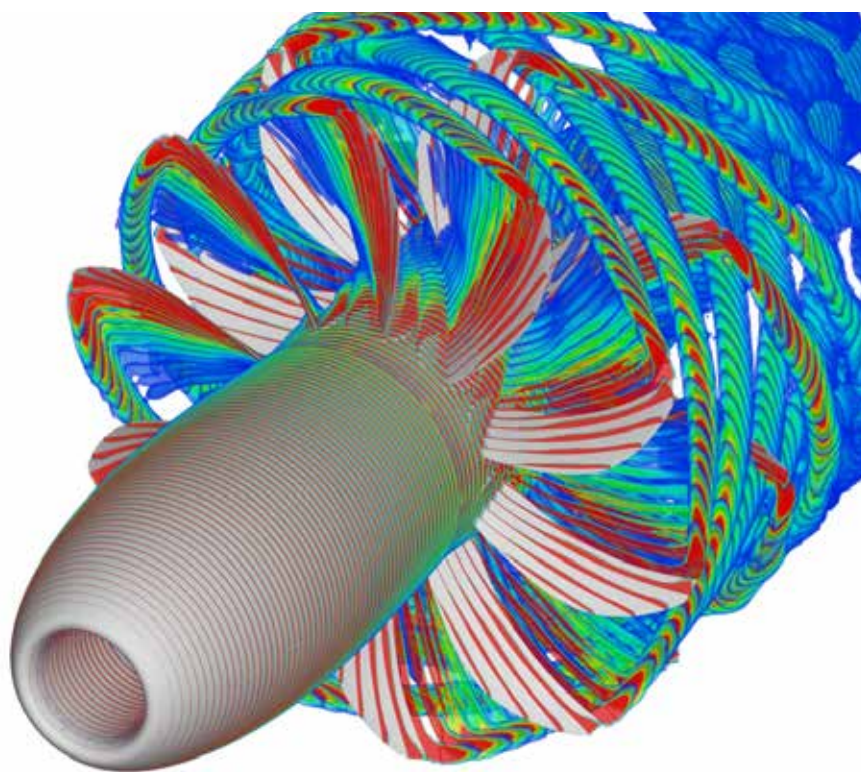
DLR erprobt Kabinenelemente mit aktiver Lärmreduktion

Flugzeuge mit Propellerantrieb sind besonders energieeffizient. Sie verursachen aber hohe Lärmpegel bei Frequenzen, die der Blattfolgefrequenz des Propellers und dessen Höherharmonischen entsprechen. Die von den Propellerblättern ausgehenden Druckwellen (siehe Grafik auf dieser Seite) treffen auf den Rumpf und versetzen diesen in Schwingung. Diese Schwingungen pflanzen sich in der Rumpfstruktur und den angrenzenden Bauteilen als Körperschall fort und strahlen letztlich Luftschall in die Kabine ab. Das Resultat ist eine Schallexposition der Passagiere und des Bordpersonals.

Die Lärmbelastung kann in Flugzeugen mit Propellertriebwerken so stark sein, dass die Triebwerke außerhalb des energieoptimalen Betriebspunkts laufen müssen, um den Schallpegel in der Kabine unterhalb der gesetzlichen Grenzwerte zu halten. Um künftig einen besseren Kompromiss zwischen Lärmbelastung und Triebwerkseffizienz zu erzielen, hat das DLR gemeinsam mit dem Industriepartner DIEHL Aviation ein neues Konzept zur aktiven Lärmreduktion in Flugzeugen entwickelt (Patent DE102013102612), welches die lärmverursachenden Vibrationen von Seitenwandpaneelen (Linings) oder auch anderen flächigen Bauteilen mithilfe von Sensoren und Aktuatoren unterdrückt.

Überflüssige Lautsprecher

Ein großer Vorteil dieses neuen Konzepts ist dessen Modularität und die damit verbundene flexible Einsetzbarkeit in ausgewählten Bereichen der Flugzeugkabine. Jedes aktive Modul arbeitet für sich und reduziert den Schallpegel in seiner direkten Umgebung (siehe Grafik auf der rechten Seite). Auch Passagierdurchsagen oder anderer Nutzschall (etwa Maskierungsgeräusche in Küchen- oder Toilettenbereichen) können



Strömungssimulation eines Counter-Rotating-Open-Rotor-Triebwerks.

direkt über das Bauteil abgespielt werden. Dadurch werden die konventionellen lautsprecherbasierten Systeme für Passagierdurchsagen obsolet. Die resultierende Masseneinsparung durch den Wegfall der Lautsprecher ermöglicht die Kompensation der Zusatzmasse eines – im Vergleich zum passiven – aktiven Bauteils, sodass eine gewichtsneutrale Realisierung möglich ist.

Wie zuvor beschrieben, vibriert im Flugzeug nahezu jedes Bauteil. Dies führt bei flächigen Bauteilen aufgrund der Fluid-Struktur-Kopplung zu einer Schallabstrahlung in die Kabine. Ein wichtiges Bauteil in diesem Zusammenhang ist besagtes

Seitenwandpaneel bzw. Lining, weil es eine relativ große Oberfläche besitzt und viele Passagiere direkt davor oder in dessen Nähe sitzen. Dies gilt in besonderem Maße für Regionalflugzeuge mit Propellerantrieb, da diese, verglichen mit Langstreckenflugzeugen, einen schmalen Rumpfquerschnitt aufweisen und alle Passagiere links oder rechts des Ganges in der Nähe eines Linings sitzen.

Je nach Bestuhlung ist ein Lining in der Economy-Klasse etwa zwei Sitzreihen (zwei Fenster) breit. Ein herkömmliches (passives) Lining besitzt zur Schalldämmung (und Thermalisolierung) lediglich ein fünf

TITEL

bis zehn Zentimeter dickes und zwischen Rumpf und Lining verbautes Glaswollepaket. Eine Messung des Schalldämmmaßes im Transmissionsprüfstand des DLR-Instituts für Faserverbundleichtbau und Adaptionik belegt, dass ein solches Dämmpaket erst bei Frequenzen oberhalb von 500 Hz wirksam wird. Dies ist physikalisch bedingt, weil die Schallwellenlänge bei Frequenzen unterhalb von 500 Hz groß im Vergleich zur Dicke des Dämmpakets ist.

Propellertriebwerke erzeugen jedoch starken multitonalen Lärm bei Frequenzen unterhalb von 500 Hz, weshalb im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Luftfahrtforschungsprogramms (LuFo) in den Projekten SINTEG (Förderkennzeichen 20K0806D), DIANA (20K1101E) und SYLVIA (20K1301D) ein neuartiges, leichtbaukonformes Konzept entwickelt und erfolgreich erprobt wurde. Das Konzept sieht vor, durch die Integration von Sensoren und Aktuatoren auf der Rückseite des passiven Linings ein neuartiges aktives Lining (Smart Lining) zu schaffen.

Ein fertigungs- und wartungsgerechtes Integrationskonzept für die Sensoren und Aktuatoren wird aktuell im Rahmen des

von der EU geförderten Horizon-2020-Projekts ACASIAS (Zuschussvereinbarung-Nr. 723167) entwickelt und erprobt. Bei einem Smart Lining erfassen dessen Sensoren die lärm erzeugenden Vibrationen mit Beschleunigungssensoren und leiten die Signale an eine digitale Steuerungseinheit weiter. Diese führt eine akustische Bewertung der Sensordaten durch und berechnet Ansteuersignale für die Aktuatoren. Durch die Einleitung amplituden- und phasenrichtiger Kräfte in das Bauteil werden die Vibrationen so beeinflusst, dass der Schallpegel vor dem Smart Lining reduziert wird. Die aktive Schallreduktion funktioniert umso besser, je tiefer die zu unterdrückenden Frequenzen sind.

Weniger Dezibel in Labor und Forschungsflugzeug

Das Smart Lining wurde im Transmissionsprüfstand des Instituts und im DLR-Versuchsflugzeug Dornier Do728 mit einer synthetischen Lautsprecheranregung erprobt. Zur Berechnung der Ansteuersignale für das leistungsstarke Lautsprecherfeld (112 Quellen, 80 Watt RMS-Leistung pro Quelle) wurden numerisch berechnete Soll-druckspektren auf der Rumpfaußenhaut

durch eine invertierte Frequenzgangsmatrix gefiltert. Mit nur zwei Aktuatoren (60 Gramm pro Aktuator) konnte der mittlere Schalldruckpegel vor dem Lining um acht Dezibel im Labor und um sieben Dezibel in der Do728 reduziert werden.

Die Zusatzmasse der aktiven Komponenten wird mit 0,2 kg abgeschätzt. Damit erreicht das Smart Lining eine spezifische Schallpegelreduktion von bis zu 40 Dezibel pro Kilogramm. Es ist geplant, das Smart Lining zunächst in künftigen energieeffizienten Regionalflugzeugen mit Propellerantrieb einzusetzen. Flugversuche mit einem Regionalflugzeug des Typs ATR 72 sind momentan in Planung. Perspektivisch sollen Smart Linings aber auch in konventionellen strahlgetriebenen Flugzeugen eingesetzt werden. In diesem Fall könnten akustische Zusatzfunktionen wie Passagierdurchsagen oder Maskierungsschal, aber auch die Reduktion der Schallemission flugzeuginterner Schallquellen im Vordergrund stehen.

Dr.-Ing. Malte Misol, Dr.-Ing. Stephan Algermissen, Dr.-Ing. Thomas Haase, Institut für Faserverbundleichtbau und Adaptionik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.



Schallpegelreduktion vor einem aktiven Lining in der Flugzeugkabine.